



CIRI PERSEKITARAN HIDROLOGI DAN SEDIMENTASI SUNGAI TELOM, CAMERON HIGHLANDS

(Hydrology and Sedimentation Characteristics in Sungai Telom, Cameron Highlands)

Noraini Wahida binti Abdullah & Mohd Ekhwan Hj.Toriman

ABSTRAK

Permodelan sungai memainkan peranan yang penting dalam meramalkan tindakbalas sungai terhadap perubahan yang berlaku, sama ada secara semulajadi atau buatan. Objektif kajian adalah menganalisis ciri hidraulik dan hidrologi serta mengkaji tren luahan sedimen yang masuk ke Sungai Telom, Cameron Highlands. Kajian bagi mengumpulkan data hidraulik dan hidrologi telah dijalankan pada 28 Oktober 2008 manakala persampelan sedimen dan air bagi mengkaji tren luahan sedimen di Sungai Telom telah dilakukan sebanyak dua kali iaitu pada 28 Oktober dan 8 Februari 2009. Di dalam kajian ini, perisian 1-D-Hidrodinamik XPSWMM telah dipilih dan digunakan bagi mensimulasikan aliran terus satu dimensi di Sungai Telom, Cameron Highlands. Proses kalibrasi dan validasi telah dilakukan bagi memastikan kejituan model. Permodelan hidraulik menunjukkan anggaran luahan penuh yang masuk ke Sungai Telom adalah pada link 7 iaitu $1.02 \text{ m}^3/\text{s}$ dan link 17 iaitu sebanyak $2.40 \text{ m}^3/\text{s}$. Bagi melihat tren luahan sedimen pula, analisis sedimen telah dilakukan dan hasil kajian mendapati, anggaran muatan sedimen yang masuk ke Sungai Telom adalah tinggi iaitu kira-kira $172,324.56 \text{ kg}/\text{km}^2/\text{tahun}$. Manakala peratusan sedimen menunjukkan bahawa pasir halus dan kasar lebih dominan di Sungai Telom.

Kata kunci: permodelan sungai, hidraulik dan hidrologi, sedimen, simulasi, kalibrasi dan validasi.

ABSTRACT

River modeling plays a vital role in predicting river respond to any natural and artificial modifications. This study on river modeling was carried out in order to analyse the hydraulic and hydrological characteristic as well as sediment trends of Telom River in Cameron Highlands. In this study, the hydrographic survey was carried out on 28 October 2008 while data on water and sediment samplings was done twice, namely on 28 October 2008 and 8 February 2009, respectively. To model the river, the XPSWMM, a 1-D hydrodynamic software was used to simulate the river discharge. Calibration and validation were also carried out to confirm the model developed. The hydraulic simulation, as modeled by XPSWMM show bankfull discharge was recorded in node 7 and link 17 which the estimated values were $1.02 \text{ m}^3/\text{s}$ and $2.40 \text{ m}^3/\text{s}$, respectively. Besides, sediment analyse was also carried out to evaluate sediment trends of the study area. The result found that sediment estimate entered to Telom River was high about $172,324.56 \text{ kg} / \text{km}^2/ \text{year}$ and the types of sediment that entered Telom River are mainly coarsif and grit.

Keywords: river modeling, hydraulics and hydrology, sediment, simulation, calibration and validation.

Pengenalan

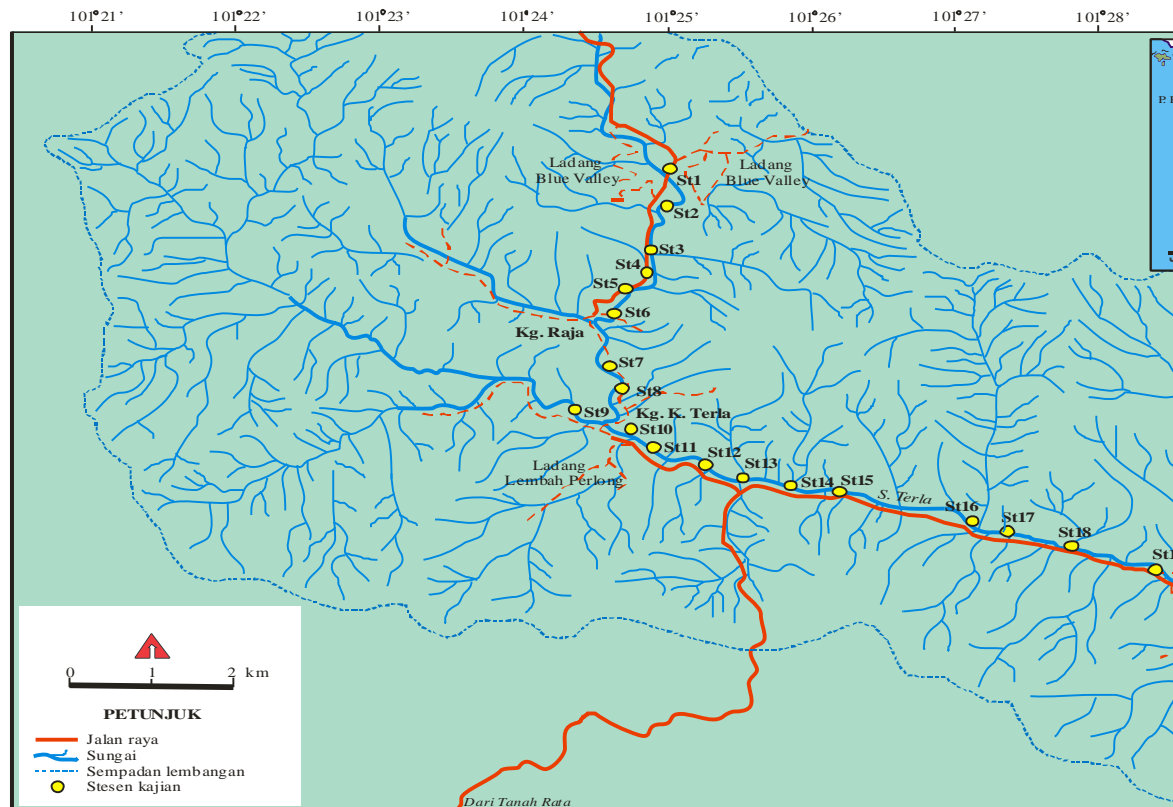
Secara umumnya, sungai semulajadi boleh dibahagikan kepada 3 bahagian iaitu air hulu (headwaters), zon pindah (transfer zone) dan zon pemendapan (depositional zone). Sewaku aliran sungai melalui ketiga-tiga zon ini, sungai akan mengubah keratan rentas, cerun membujur, arah aliran dan bentuknya melalui proses-proses pengangkutan endapan, hakisan dan pemendapan. Sungai semulajadi biasanya akan berliku di sepanjang alirannya sebelum menjadi delta di muaranya. Hakisan dan pemendapan di dalam sungai melibatkan proses dinamik dan hasil daripada interaksi antara aliran sungai dan bahan dasar sungai yang terdiri daripada batu bundar, batu kelikir dan pasir. Keseimbangan sungai dipengaruhi oleh empat faktor utama iaitu kadar alir yang merupakan jumlah air yang boleh dibawa bagi suatu tempoh masa tertentu dan cerun membujur sungai di suatu bahagian dan ciri endapan di satu bahagian lagi. (Azazi Zakaria 2007).

Ketidakseimbangan akan berlaku jika salah satu faktor faktor tersebut berubah. Sebagai contoh, pembangunan baru akan meningkatkan kadar alir yang menyebabkan hakisan kepada saluran sungai manakala kerja-kerja penambakan tanah pula akan menyebabkan pemendapan berlaku. Kerja-kerja pelurusan sungai pula melibatkan perubahan cerun membujur sungai menjadi lebih curam. Ini membolehkan halaju aliran meningkat yang menyebabkan keupayaan sungai untuk menghakis menjadi lebih tinggi (Khairul Amri et.al.2009). Oleh itu, adalah penting memahami proses interaksi yang menyebabkan berlakunya perubahan kepada saluran sungai bagi membolehkan pengurusan sungai dilakukan dengan lebih sistematik. (Azazi Zakaria 2007).

Sejajar dengan perkembangan teknologi zaman moden yang melihat kepada peranan teknologi sebagai langkah terbaik dalam menyelesaikan sesuatu masalah alam sekitar, maka pengurusan sungai secara sistematik lebih banyak dilakukan dengan menggunakan kaedah permodelan berkomputer. Permodelan hidrologi adalah sangat penting apabila dilihat dari sudut kepelbagaian penggunaan sumber air (sungai) sebagai pengagihan bekalan air, pengairan, janakuasa hidroelektrik dan kawalan banjir supaya ia dapat mewujudkan satu bentuk pengurusan sungai yang bersepadu dan berkesan (Mohd Ekhwan et al. 2010; Othman et.al.2010). Maka, makalah ini membincangkan permodelan hidrologi Sungai Telom terutamanya dari aspek ciri hidrologi dan hidraulik. Seterusnya, perbincangan juga turut menyentuh mengenai tren luahan sedimen yang masuk ke Sungai Telom. Akhir sekali, makalah ini akan turut membincangkan langkah kawalan sedimen di Sungai Telom.

KAWASAN DAN METODOLOGI KAJIAN

Cameron Highlands terletak pada garis lintang 4°31"N dan 101°29"E dan mempunyai keluasan kira-kira 71,218 hektar (175,978 ekar) atau dua peratus daripada keluasan Negeri Pahang. Ia dipinggiri oleh Kelantan pada bahagian utara, Perak di sebelah barat dan daerah Raub pada selatan dan timur. Cameron Highlands mempunyai tiga mukim iaitu Mukim Ulu Telom dengan keluasan sebanyak 63,990 hektar, Mukim Ringlet seluas 5,156 hektar dan Mukim Tanah Rata sebanyak 2,072 hektar. Secara spesifiknya, lokasi persampelan bagi kajian ini ialah di Sungai Telom yang terletak dalam Mukim Ulu Telom pada garis lintang (Rajah 1). Ia mempunyai kepanjangan sebanyak 37 km² dan merupakan sungai yang terpanjang berbanding sungai-sungai yang lain dalam ketiga-tiga mukim di Cameron Highlands.



Rajah 1: Stesen persampelan di Sungai Telom

Kajian ini dilakukan di 20 stesen persampelan yang mewakili sepanjang Sungai Telom. Pengukuran keratan rentas dilakukan di kesemua 20 stesen yang telah dipilih. Kawasan persampelan bermula di stesen 1 yang terletak di Ladang Blue Valley sehingga ke stesen 20 yang terletak di Ulu Terla. Selain itu, sampel air juga turut diambil di lapan stesen persampelan dalam 20 stesen yang telah dipilih untuk mengukur parameter TSS. Pemilihan stesen persampelan air adalah dengan melihat kepada pertembungan dua sungai yang masuk ke dalam Sungai Telom dan juga berdasarkan kepada perubahan guna tanah yang ketara. Pengukuran keratan rentas (*cross section*) dan halaju air sungai telah diambil dengan menggunakan beberapa alat seperti meter arus, tolok penyukat kedalaman, pita pengukur dan pancang.

Parameter yang ditentukan secara *in-situ* adalah kelajuan aliran sungai, kelebaran sungai dan kedalaman sungai yang digunakan bagi mengukur nilai luahan tertentu. Persampelan pepejal terampai pula di ambil dengan menggunakan botol plastik. Sebelum mengambil sampel, botol plastik dibilaskan dengan menggunakan air sungai. Selepas itu, botol plastik dimasukkan ke dalam sungai dengan perlahan-perlahan sehingga ruang udara dalam botol diisikan dengan air. Kaedah Gravimetrik digunakan untuk menganalisis parameter TSS. Jumlah pepejal terampai diukur dalam unit mg/l atau bahagian per juta (ppm). Kajian ini memerlukan sampel air sebanyak 250 ml untuk setiap plot kawasan kajian.

Pengukuran pepejal terampai dilakukan dengan menimbang kertas membran yang berliang 0.45µm satu persatu dan bacaan dicatatkan. Selepas itu, kertas membran yang telah ditimbang tadi diletakkan pada alat penuras yang telah disambung kepada pam vakum dan menggunakan pengepit untuk mengemaskannya. Sampel air sungai dicurahkan perlahan-lahan ke dalam balang alat penurasan. Kertas membran diambil dan dikering di dalam balang pengering, setelah kertas membran kering, penimbangan akan dilakukan untuk mendapat bacaan. Berbeza dengan jumlah pepejal terlarut, butirannya secara fizikal terpisah daripada jasad air. Langkah berjaga-jaga perlu diambil semasa mengambil sampel air. Gangguan terhadap aliran air sungai berada pada tahap minimum untuk mengelakkan pemendapan pepejal terampai yang diukur. Kemudiannya, hasil bacaan tadi diambil dan dikira menggunakan rumus seperti berikut:

$TSS = \{(\text{berat kertas turas} + \text{sisir kering}) - \text{berat kertas turas}\} \text{ (mg)} \times 1000 \text{ Isipadu air ditapis (mL)}$

$$= \text{mg} / L / 1000 / 1000 / 1000$$

$$= \text{tan} / L \text{ ----- [1]}$$

Pengiraan nilai luahan (Q) pula dikira dari halaju purata (v) dan luas keratan rentas (A) atau $Q = vA$. Luas keratan rentas dapat dikira dari kedalaman (d) dan kelebaran (w). Bentuk luas keratan rentas adalah trapezium atau segitiga maka nilai yang dikira perlu bahagi dengan dua.

$$A = dw \text{ (m}^2\text{)} \text{ atau } A = \frac{1}{2}dw \text{ (m}^2\text{)} \text{ ----- [2]}$$

Halaju (v) boleh dikira dengan menggunakan nilai jarak darab nilai masa.

$$v = m/\text{saat} \text{ ----- [3]}$$

Nilai Luahan (Q):

$$Q = vA. \text{ atau } Q = \frac{1}{2}vA \text{ ----- [4]}$$

$$Q = m^3/\text{saat}$$

Untuk mendapat unit L/hari, formula di bawah digunakan.

$$Q = m^3/\text{saat} \times 86400 \text{ saat/hari} \times 1000 \text{ l/m}^3 \text{ ----- [5]}$$

$$= \text{l/hari}$$

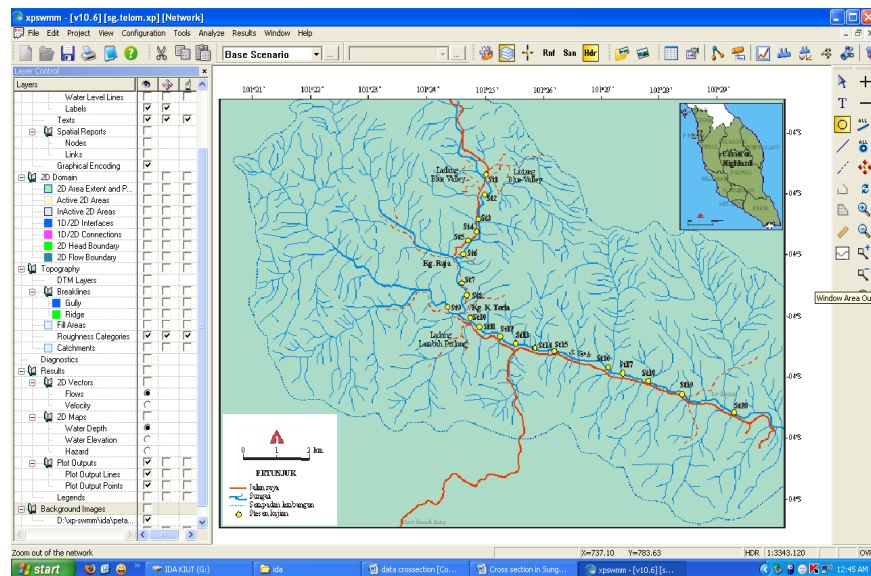
Manakala bagi pengiraan nilai muatan sedimen terampai (MS), ia di kira dan ditentukan dengan menggunakan nilai luahan, nilai TSS dan luas kawasan lembangan persampelan. Data-data yang dianalisis kemudian digunakan bagi melihat perubahan konsentrasi bahan ampaian dan hubungan dengan parameter hidrologi dan angkubah bebas yang lain.

HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN

(a) Permodelan Hidraulik dan Hidrologi Sungai Telom

Satu model hidraulik bagi Sungai Telom telah dapat dihasilkan dengan menggunakan XPSWMM. Permodelan ini dibina dengan memasukkan data setiap stesen yang meliputi data hidrologi sungai yang diperolehi di lapangan. Sebelum membina model, peta Sungai Telom

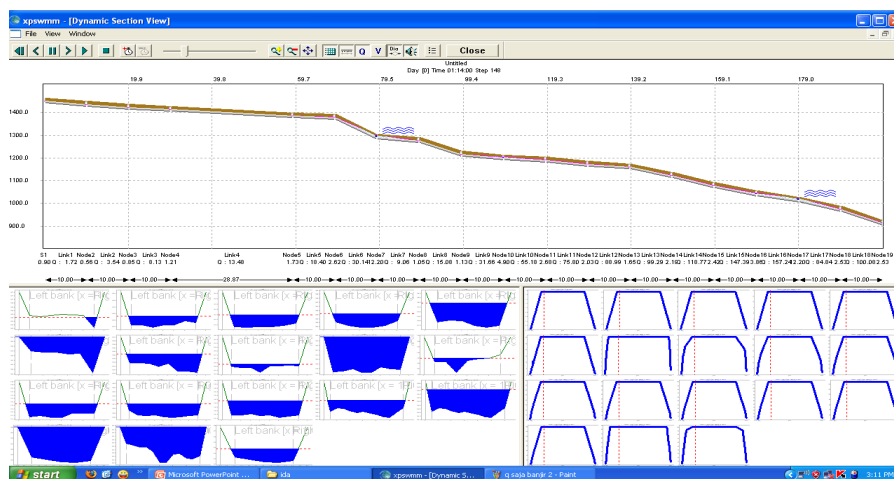
telah didigitalkan untuk analisis geospasial yang digunakan dalam permodelan hidraulik di Sungai Telom. Seterusnya, pembinaan skematik diagram “nod” dan “line” bagi model hidrodinamik dilakukan untuk Sungai Telom dan interpolasi “nod” dan “line” dimasukkan ke dalam sistem Sungai Telom seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2 di bawah:



Rajah 2: Peta Sungai Telom yang didigitalkan yang digunakan dalam permodelan hidraulik

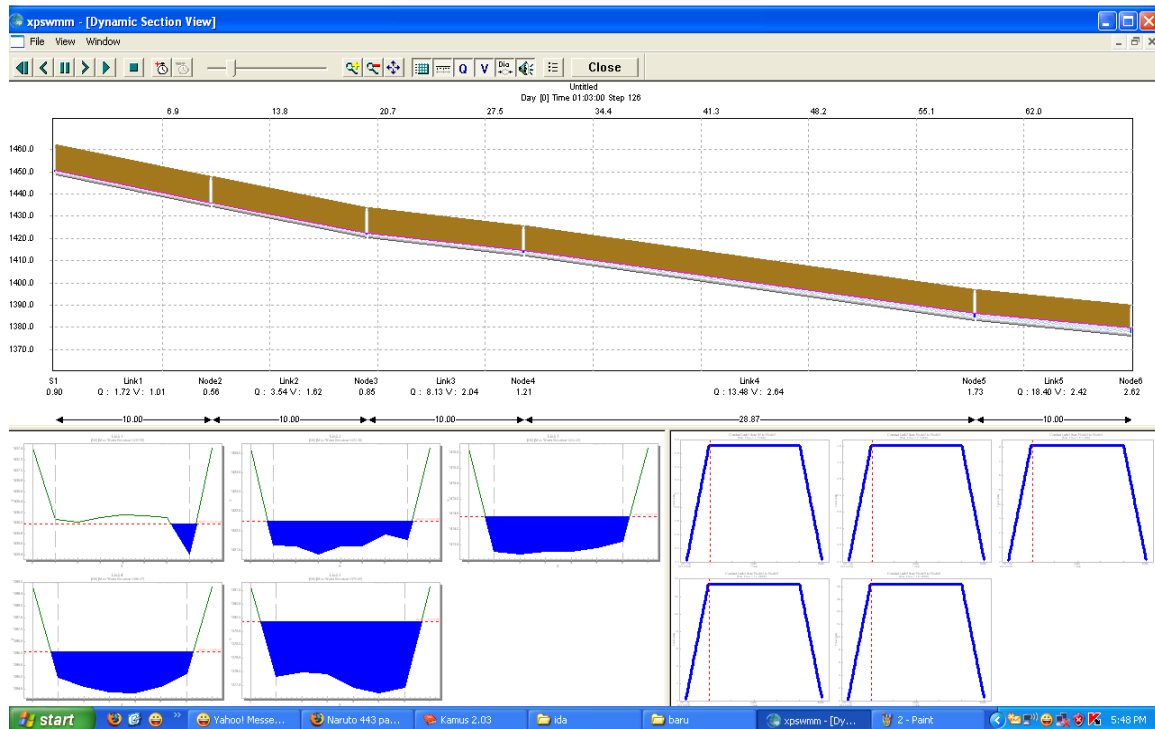
(b) Simulasi luahan Sungai Telom

Rajah 3 di bawah menunjukkan hasil yang telah diperolehi setelah melakukan proses simulasi terhadap luahan Sungai Telom. Rajah tersebut menunjukkan senario luahan mengikut “nod” dan “line” serta luahan penuh yang dapat dikesan dalam simulasi terhadap luahan Sungai Telom.



Rajah 3: Senario luahan mengikut nod dan “line” serta luahan penuh di Sungai Telom pada 28 Oktober 2008

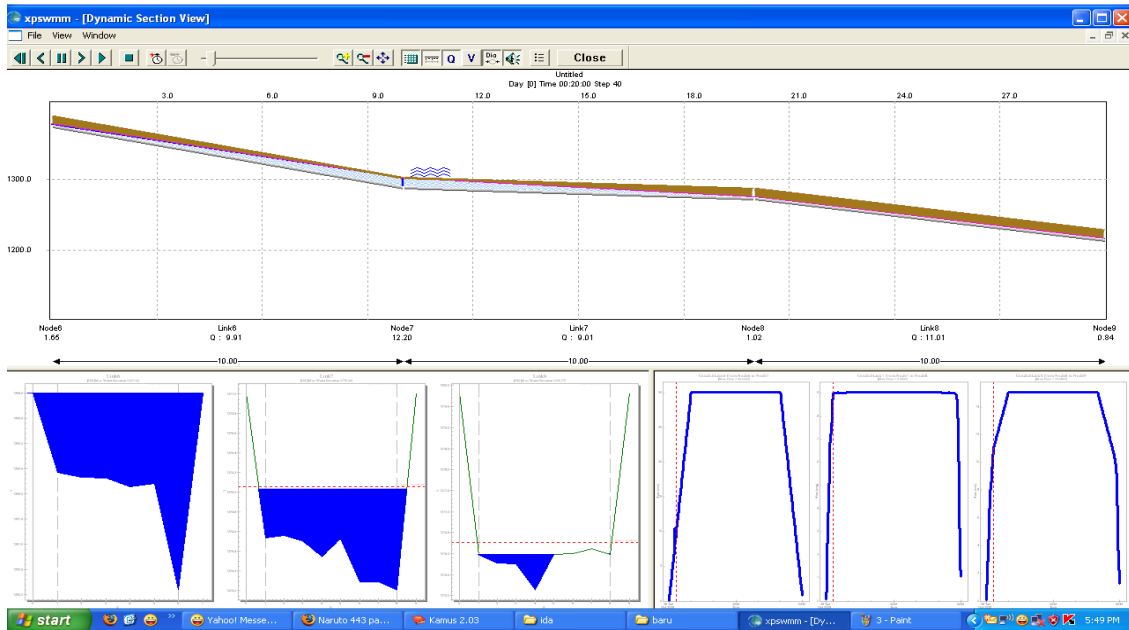
Berdasarkan kepada Rajah 3 di atas, ia menunjukkan bahawa terdapat dua luahan penuh yang berlaku ketika proses simulasi dilakukan. Luahan penuh iaitu Q yang pertama adalah di link 7 antara nod 7 dan nod 8 dengan jumlah luahan sebanyak $1.02 \text{ m}^3/\text{s}$. Manakala luahan penuh, Q yang kedua pula didapati berada di link 17 antara nod 17 dan nod 18 iaitu sebanyak $2.40 \text{ m}^3/\text{s}$. Kedua-dua nilai luahan ini merupakan anggaran luahan yang masuk ke Sungai Telom.



Rajah 4: Proses simulasi dari nod 1 hingga nod 6 di Sungai Telom

Proses simulasi yang dilakukan dari nod 1 hingga nod 6 menunjukkan bahawa luahan yang dijana adalah mengambil selama 1 jam 3 minit sebelum ia mencapai luahan penuh di link 7 antara nod 7 dan node 8. Luahan, Q yang dicatatkan dalam tempoh tersebut pada link 1 adalah $1.72 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan halaju sebanyak 1.01 m/s . Manakala link 2, nilai Q ialah $3.54 \text{ m}^3/\text{s}$ dan halaju sebanyak 1.02 m/s . Link 3 dan 4 pula nilai Q adalah sebanyak $8.13 \text{ m}^3/\text{s}$ dan $13.48 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan halaju sebanyak 2.04 m/s dan 2.64 m/s . Link terakhir iaitu link 5 pula mencatatkan nilai luahan sebanyak $18.4 \text{ m}^3/\text{s}$ dengan halaju 2.42 m/s .

Selain itu, hasil simulasi yang dilakukan juga mendapati bahawa nod 7 dan nod 8 mengambil masa selama 20 minit semasa luahan penuh berlaku. Didapati halaju yang dicatatkan adalah rendah iaitu 0.72 m/s (Rajah 5). Luahan penuh atau banjir berlaku walaupun nilai halaju adalah rendah kerana di nod ini pada waktu itu telahpun mempunyai air yang banyak hasil daripada aliran nod 1 hingga 6.



Rajah 5: Proses simulasi dari nod 7 ke nod 8 di Sungai Telom

(c) Analisis tren muatan sedimen terampai (Tss)

Secara keseluruhannya, konsentrasasi sedimen adalah berbeza mengikut jangka waktu cerapan (Jadual 1). Konsentrasi sedimen menunjukkan nilai minimum dari 9.6 mg/L ke maksimum 48.4 mg/L pada 28/10/2008 dan 7.6 mg/L ke 1265.6 mg/L pada 8/2/2009. Nilai maksimum ialah 1265.6 mg/L yang direkodkan pada 8/2/2009 di stesen 2 yang dicerap selepas hujan lebat pada hari tersebut. Secara keseluruhannya, nilai bacaan pada 28/10/2008 menunjukkan nilai konsentrasasi sedimen terampai yang rendah berbanding pada 8/2/2009 yang mencatatkan bacaan kepekatan sedimen terampai secara relatifnya tinggi. Hal ini kerana pada waktu tersebut, kawasan tadahan Sungai Telom mengalami hujan yang agak lebat dengan sumber sedimen banyak disumbangkan dari aliran sungai pembekal dan sisa-sisa tanah yang dilarikan oleh air larian permukaan dari kawasan pertanian yang terdapat di sepanjang Sungai Telom.

Jadual 1: Konsentrasasi sedimen terampai (mg/L) mengikut lokasi persampelan

Stesen Persampelan	28-Okt-08	08-Feb-09	Purata
1	9.6	466.8	238.2
2	26.8	1265.6	646.16
4	29.2	29.2	29.2
5	32	20.4	26.2
8	16	7.6	11.8
10	48.4	23.6	36
14	22	14.4	18.2
19	484	26.8	37.6
Jumlah	232.4	1891.6	1062
Maksimum	48.4	1265.6	632.8
Minimum	9.6	7.6	11.8

Jadual 2 menunjukkan nilai cerapan luahan (Q) dan anggaran Q harian bagi setiap stesen persampelan. Pada 28/10/2008 anggaran Q harian adalah di antara 148,608 m³/hari ke 1316,736 m³/hari. Nilai ini apabila ditukarkan kepada L/hari adalah kira-kira 148,608,000 L/hari ke 1316,736,000 L/hari. Pada 8/2/2009 pula, nilai anggaran Q ialah di antara 190,944 m³/hari ke 2402,784 m³/hari atau 190,944,000 L/hari ke 2402,784,000 L/hari. Keputusan yang diperolehi menunjukkan hubungan yang kuat di antara kosentrasi sedimen terampai dengan kejadian hujan yang turun pada 8/2/2009. Pada tarikh tersebut, jumlah sedimen terampai yang dicerap ialah 1891.6 mg/L berbanding pada 28/10/2008 iaitu hanya 232.4 mg/L. Dalam jangka masa panjang, biasanya impak titisan hujan boleh melonggarkan kumin tanah sebelum diangkut oleh air larian permukaan ke alur sungai (Bruijnzell 1996 & Baharuddin 1988). Seterusnya, bagi mendapatkan anggaran muatan sedimen terampai dalam Sungai Telom, kepekatan sedimen terampai telah dikira berdasarkan anggaran persampelan selama 24 jam dengan menggunakan dengan menggunakan nilai luahan, nilai sedimen terampai dan luas kawasan lembangan persampelan.

$$\begin{aligned}
 MS &= (Q \times TSS) / \text{kawasan lembangan persampelan} \\
 &= (L/\text{hari} \times \text{kg/L}) / \text{km}^2 \\
 &= \text{kg/km}^2/\text{hari} \dots\dots\dots [1]
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Jadual 2 di bawah, didapati purata anggaran muatan sedimen terampai pada 28/10/2008 ialah sebanyak 21,970.66 kg/hari dan purata anggaran muatan sedimen pada 8/2/2009 pula adalah 60,461.86 kg/hari. Kadar muatan sedimen terampai didapati paling tinggi direkodkan pada 8/2/2009 kerana pencerapan dilakukan pada waktu selepas hujan di mana aliran sungai yang terkumpul memberikan tenaga yang mencukupi bagi mengangkut sedimen dalam kuantiti yang banyak.

Selain itu, luas kawasan lembangan persampelan Sungai Telom juga telah diambil kira dalam penentuan penghasian muatan sedimen per unit kawasan. Di kawasan kajian, keluasan Sungai Telom ialah 87.3 km². Muatan sedimen per unit kawasan merupakan unit lazim yang digunakan bagi menganggar kadar muatan sedimen bagi satu-satu sub lembangan. Dengan menggunakan rumus di bawah iaitu;

$$\begin{aligned}
 MS &= \text{kg/km}^2/\text{hari} \times 365 \text{ hari} \\
 &= \text{kg/km}^2/\text{tahun} \dots\dots\dots [2]
 \end{aligned}$$

Jumlah muatan sedimen terampai per kilometer persegi per tahun kemudiannya dianggarkan bagi tempoh penghasilan setahun iaitu 5,964.76 kg/km²/tahun ke 266,454.26 kg/km²/tahun pada 28/10/2008 dan 19,766.90 kg/km²/tahun ke 1,010,371.55 kg/km²/tahun pada 8/2/2009. Secara purata, anggaran muatan sedimen yang terhasil bagi keseluruhan Sungai Telom berdasarkan kedua-dua jangka masa ialah 172,324.56 kg/km²/tahun. Muatan sedimen bagi setiap stesen persampelan menunjukkan nilai muatan yang berbeza (Jadual 3). Sebagaimana dijangka, nilai muatan sedimen di bahagian hilir Sungai Telom iaitu dari stesen 10,14 dan 19 adalah tinggi. Pemerhatian di lapangan mendapati bahawa stesen di bahagian hilir lebih terdedah kepada hakisan tanah disebabkan kegiatan pertanian yang dilakukan berhampiran tebing sungai menyebabkan hakisan tanah mudah berlaku apabila turunnya hujan.

Jadual 2: Analisis cerapan dan anggaran luahan di stesen persampelan

Stesen Persampelan	Parameter	28-Okt-08	8-Feb-09
1	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	1.72	2.49
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	148,608	215,136
	Anggaran Q Harian (L/hari)	148,608,000	215,136,000
2	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	1.82	2.21
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	157,248	190,944
	Anggaran Q Harian (L/hari)	157,248,000	190,944,000
4	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	5.35	6.25
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	462,240	540,000
	Anggaran Q Harian (L/hari)	462,240,000	540,000,000
5	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	4.92	5.57
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	425,088	481,248
	Anggaran Q Harian (L/hari)	425,088,000	481,248,000
8	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	6.02	7.20
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	520,128	622,080
	Anggaran Q Harian (L/hari)	520,128,000	622,080,000
10	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	12.29	13.38
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	1061,856	1156,032
	Anggaran Q Harian (L/hari)	1061,856,000	1156,032,000
14	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	10.30	15.77
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	889,920	1362,528
	Anggaran Q Harian (L/hari)	889,920,000	1362,528,000
19	Nilai Pencerapan Q (m ³ /s)	15.24	27.81
	Anggaran Q Harian (m ³ /hari)	1316,736	2402,784
	Anggaran Q Harian (L/hari)	1316,736,000	2402,784,000

Namun begitu, didapati bahawa stesen 2 mempunyai muatan sedimen yang paling tinggi berbanding dengan stesen yang lain. Keadaan ini disebabkan terdapatnya kegiatan pertanian berhampiran sungai yang banyak menyumbang kepada penghasilan sedimen apabila berlakunya hujan. Hal ini kerana kegiatan pertanian menyebabkan berlakunya pengurangan kanopi hutan hasil daripada penggondolan tanah. Apabila hujan turun ia menyebabkan berlakunya hakisan permukaan galur galir yang akan membawa bersama kumin-kumin tanah ke dalam sungai oleh aliran permukaan.

Jadual 3: Analisis muatan sedimen terampai (harian dan tahunan) di Sungai Telom

Stesen Persampelan	Parameter	28-Okt-08	8-Feb-09	Purata
1	TSS (mg/l)	9.6	466.8	238.2
	Muatan Harian (kg/hari)	1426.64	100,425.48	50,926.06
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	5,964.76	419,877.44	212,921.1
2	TSS (mg/l)	26.8	1265.6	646.2
	Muatan Harian (kg/hari)	4214.25	241,658.73	122,936.49
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	17,619.72	1,010,371.55	513,995.64
4	TSS (mg/l)	29.2	29.2	29.2
	Muatan Harian (kg/hari)	13497.41	15,768	14,632.71
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	56,432.47	65,925.77	61,179.12
5	TSS (mg/l)	32	20.4	26.2
	Muatan Harian (kg/hari)	13,602.82	9,817.46	11,710.14
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	56,873.19	41,046.65	48,959.92
8	TSS (mg/l)	16	7.6	11.8
	Muatan Harian (kg/hari)	8,322.05	4,727.81	6,524.93
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	34,794.37	19,766.90	27,280.64
10	TSS (mg/l)	48.4	23.6	36
	Muatan Harian (kg/hari)	51,393.83	27,282.36	39,338.1
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	214,876.84	114,067.14	164,471.99
14	TSS (mg/l)	22	14.4	18.2
	Muatan Harian (kg/hari)	19,578.24	19,620.40	19,599.32
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	81,856.33	82,032.60	81,944.47
19	TSS (mg/l)	48.4	26.8	37.6
	Muatan Harian (kg/hari)	63,730.02	64,394.61	64,062.32
	Muatan Tahunan (kg/km ² /tahun)	266,454.26	269,232.91	267,843.59
Purata anggaran muatan sedimen (kg/hari)		21,970.66	60,461.86	41,216.26
Purata anggaran muatan sedimen (kg/km ² /tahun)		91,858.99	252,790.12	172,324.56

d) Analisis sampel sedimen

Berdasarkan kepada analisis terhadap semua sampel sedimen, dapat disimpulkan bahawa peratusan pasir kasar dan pasir halus paling dominan pada kedua-dua waktu. Sementara itu, sedimen jenis kelodak mempunyai kandungan yang rendah tetapi wujud di setiap stesen persampelan kecuali di stesen 14 pada 8/2/2009 dan stesen 19 pada 28/10/2008 yang begitu sedikit. Kandungan kelodak di bahagian hilir iaitu stesen 1 adalah paling tinggi iaitu 6.16

peratus pada 28/10/2008 dan sebaliknya di kawasan hilir sungai. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Aiken et.al (1994), dalam sesebuah sungai sekiranya mempunyai beban kelodak yang tinggi hingga menghasilkan kadar pemendapan sungai yang keterlaluan akhirnya menyebabkan kejadian banjir berlaku. Selain itu, hasil kajian yang dilakukan di Amerika Syarikat mendapati bahawa fenomena hakisan berlaku ke atas kawasan pertanian sering kali dikaitkan dengan kandungan pasir serta tanah kelodak dan bukan ke atas tanah liat (Bennett1926; Ripley et.al 1961).

KESIMPULAN

Secara kesimpulannya, kajian yang di jalankan ini bertujuan untuk menganalisis ciri hidrologi dan hidraulik di samping melihat tren sedimen yang masuk ke Sungai Telom, Cameron Highlands. Secara umumnya, permodelan hidrologi telah banyak dilakukan oleh pengkaji hidrologi kejuruteraan dalam meramalkan kejadian banjir atau kesan pencemaran yang akan berlaku ke atas alam sekitar. Namun begitu, kajian permodelan hidrologi ini dilakukan bertujuan sebagai pendekatan ataupun usaha untuk mengkaji profil aliran sungai dengan menggunakan perisian XPSWMM dalam bentuk hidrodinamik yang berguna dan menarik menerusi bentuk visualnya.

RUJUKAN

- Azazi Zakaria. 2007. Pengurusan sungai mapan: Dari perspektif kejuruteraan pengangkutan endapan dan keseimbangan sungai. hlm 1-2. http://www.redac.eng.usm.my/html/syarahana_prof/sinopsis_AAG.pdf.
- Felix Tongkul. 2000. *Sedimentologi*. Bangi: Penerbitan Universiti Kebangsaan Malaysia
- Jamaluddin Md. Jahi.1989. *Pengantar geomorfologi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka
- Jamal Abdul Nasir. 2005. *Permodelan sedimen di Sungai Semenyih menggunakan Perisian WASP 5*. Fakulti Kejuruteraan Awam: Universiti Teknologi Malaysia:PSM (tidak diterbitkan)
- Kajian Rancangan Struktur Negeri Pahang 2002-2020 Cameron Highlands, Majlis Daerah Cameron Highlands
- Mohd Khairul Amri Kamarudin, Mohd Ekhwan Toriman, Sharifah Mastura S.A. Mushrifah Hj. Idris, Nor Rohaizah Jamil & Muhammad Barzani Gasim, 2009. Temporal Variability on Lowland River Sediment Properties and Yield. *American Journal of Environmental Sciences* 5 (5): 657-663
- Mohd Ekhwan Toriman, Md. Pauzi Abdullah, Mazlin Bin Mokhtar, Muhamad Barzani Gasim, Othman Karim. 2010. Surface erosion and sediment yields assessment from small ungauged catchment of Sungai Anak Bangi, Selangor. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*.14 (1): 12-23

Othman Jaafar, Mohd Ekhwan Toriman, Mushrifah Hj Idris, Sharifah Mastura S.A, Muhammad Barzani Gasim, Pan Ia Lun, Pauzi Abdullah, Mohd Khairul Amri Kamaruddin & Nor Azlina Abdul Aziz. 2010. Modeling the impacts of Ringlet Reservoir on downstream hydraulic capacity of Bertam River using XPSWMM in Cameron Highlands. *Research Journal of Applied Sciences*. 5 (2): 47-53

Pettijohn, F.J.Potter, P.E & Siever, R.1972. *Sand and sandstone*. New York: Springer

Strahler, An.1983. Terj. *Geografi Fizikal*. New York: John Wiley & Sons Inc.

Tengku Anuar Tg. Dalam, Sharuddin Hj. Ahmad. 1986. *Geografi Fizikal*. Nurin Enterprise. Kuala Lumpur

Wan Ruslan Ismail.1994. *Pengantar hidrologi*. Kuala lumpur: Dewan bahasa dan Pustaka.

Noraini Wahida binti Abdullah & Mohd Ekhwan Hj.Toriman
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan
Universiti Kebangsaan Malaysia
Bangi.
Email: wah_ida3003@yahoo.com.my